

出國報告（出國類別：考察）

參訪日本東京成田機場及羽田機場 出國報告

服務機關：交通部

桃園國際機場股份有限公司

姓名職稱：交通部航政司趙科員健廷

桃機公司何科長國晟

桃機公司邱科長憲宏

桃機公司楊工程師弘忠

桃機公司林工程師介俞

桃機公司劉工程師旻真

派赴國家/地區：日本東京

出國期間：113年10月15日至10月18日

報告日期：113年12月30日

公務出國報告提要表

出國目的	參訪日本東京成田機場及羽田機場
服務機關	桃園國際機場股份有限公司
出國人員	趙健廷、何國晟、邱憲宏、楊弘忠、林介俞、劉旻真
人員職稱	科員、科長、科長、工程師(三)、工程師(四)、工程師(四)
出國類別	<input type="checkbox"/> 實習(訓練) <input type="checkbox"/> 其他(<input type="checkbox"/> 研討會 <input type="checkbox"/> 會議 <input checked="" type="checkbox"/> 考察、觀摩、參訪 <input type="checkbox"/> 進修)
出國地區	日本東京、日本千葉
出國期間	113年10月15日 ~ 113年10月18日
報告日期	113年12月30日
關鍵詞	新建跑道及維護策略、跑道延伸、機場擴建、成田機場、羽田機場、空側道面、航空地面燈光、韌性機場、永續機場
報告書頁數	48
報告內容摘要	<p>桃園國際機場股份有限公司(下稱機場公司)刻正辦理「臺灣桃園國際機場第三跑道及基礎設施建設計劃」,工程範圍達860公頃,包含桃園航空城區段徵收取得現有機場北側581公頃,以及機場既有279公頃用地,工程項目與規模相當於興建一座新機場。</p> <p>本次參訪成田機場及羽田機場,因成田機場正在辦理B跑道延長工程與增建C跑道相關工程,其跑道基礎亦需進行高填方整地,與第三跑道工程相似,總擴建面積為1,099公頃;羽田機場則自1931年啟用為單跑道機場,至今已擴展為具備4條跑道之國際機場,故希望藉由本次參訪成田及羽田機場討論空側跑滑道興建工程與維護作業,以利納入第三跑道工程參考。</p>

目 錄

壹、目的.....	3
貳、過程.....	4
2.1 行程表.....	4
2.2 桃園機場、成田機場、羽田機場比較表.....	5
2.3 成田機場.....	6
2.3.1 成田機場新（擴）建工程介紹.....	6
2.3.1-1 B 跑道延伸擴建工程.....	7
2.3.1-2 C 跑道新建工程.....	9
2.3.2 成田機場維護作業.....	15
2.3.2-1 鋪面維護作業.....	15
2.3.2-2 航空地面燈光系統設施與維護.....	20
2.3.3 現地參訪.....	29
2.3.3-1 地面塔台.....	29
2.3.3-2 空側管制區.....	30
2.3.3-3 燈光維護中心.....	31
2.4 羽田機場.....	32
2.4.1 羽田機場擴建工程.....	33
2.4.1-1 D 跑道擴建介紹.....	33
2.4.1-2 羽田機場優化工程介紹.....	38
2.4.2 羽田機場維護作業.....	39
2.4.2-1 鋪面維護作業.....	39
2.4.2-2 航空地面燈光系統設施與維護.....	40
2.4.3 現地參訪.....	45
2.4.3-1 空側監控中心.....	45
2.4.3-2 燈光控制中心.....	45
2.4.3-3 塔台.....	45

2.4.3-4 D 跑道.....	46
參、心得與建議.....	47
3.1 機場規劃及擴建工程.....	47
3.2 機場空側跑滑道鋪面維護.....	48
3.3 機場空側地面燈光維護.....	48
3.4 機場永續發展.....	48

壹、目的

桃園國際機場股份有限公司（下稱機場公司）刻正辦理「臺灣桃園國際機場第三跑道及基礎設施建設計劃」，工程範圍達860公頃，包含桃園航空城區段徵收取得現有機場北側581公頃，以及機場既有279公頃用地，工程項目與規模相當於興建一座新機場。

本次參訪成田機場及羽田機場，因成田機場正在辦理 B 跑道延長工程與增建 C 跑道相關工程，其跑道基礎亦需進行高填方整地，與第三跑道工程相似，總擴建面積為1,099公頃；羽田機場則自1931年啟用為單跑道機場，至今已擴展為具備4條跑道之國際機場，故希望藉由本次參訪成田及羽田機場討論空側跑滑道興建工程與維護作業，以利納入第三跑道工程參考。

貳、過程

2.1 行程表

日期	時間	說明
10月15日	-	出發至東京
10月16日	09:30 13:15	成田機場簡報 ● B 滑行道延伸工程 ● C 滑行道擴建工程 ● 機場維護工作 桃園機場簡報 意見交流
	14:00 17:00	現地參訪 ● 塔台導覽 ● 燈光跨越橋及 B 跑道延伸工程現地 ● 燈光維護中心
10月17日	09:00 12:30	● 考察聯外交通及視察航廈設施
	12:45 17:30	羽田機場簡報 ● 羽田機場概述 ● 空側維護頻率 ● 跑道擴建歷史 ● 障礙物限制面 ● 永續航空燃料 (SAF) ● 機場減碳計畫 桃園機場簡報 意見交流 現地導覽 ● 空側監控中心 ● 燈光控制中心 ● 塔台 ● D 跑道
10月18日	-	回臺路程

2.2 桃園機場、成田機場、羽田機場比較表

	桃園機場	成田機場	羽田機場
面積	1,249 公頃	1,198 公頃	1,515 公頃
客運量	4800 萬人次	4400 萬人次	7,800 萬人次
跑道數量	2 條 北跑道(05L/23R) 3,660m*60m 南跑道(05R/23L) 3,800m*60m	2 條 A 跑道(16R/34L) 4,000m*60 (AC) B 跑道(16L/34R) 2,500m*60m (AC)	4 條 A 跑道(16R/34L) 3,000m*60m B 跑道(04/22) 2,500m*60m C 跑道(16L/34R) 3,360m*60m D 跑道(05/23) 2,500m*60m
營運時間	24 小時營運	早上 6:00 至 晚上 12:00	24 小時營運
航廈數量	2	3	3
擴建開發單位	桃園國際機場公司	日本政府國營之成田國際機場株式會社	國土交通省下東京機場事務所旅客大樓則由東京國際機場航廈株式會社(TIAT)負責營運管理。
禁限建發布	交通部民用航空局	成田國際機場株式會社	日本國土交通省
燈具數量	約 8,000 個	約 15,000 個	約 16,000 個
A-SMGCS follow the green	Level 2 初步規劃單燈線段方式控制/無啟用，另目前滑行道交口採用中途等待位置燈(IHP)，無啟用 STB	沿著 TWY B9 和部分 TWY B(K 和 C 路口)提供的綠燈行駛 B 跑道的兩個入口，僅需決直線或轉彎處安裝 follow the green	Level 2 無 follow the green

2.3成田機場

日本面臨少子化的全面老化社會，將亞洲國家的成長與顯著的經濟發展結合起來將增強其國際競爭力，對運量永續成長至關重要。日本政府設定目標將2020年訪日外國旅客人數增加到4,000萬人次，2030年增加到6,000萬人次，因此制定「旅遊願景」發展策略，將旅遊業定位為核心產業，成田機場亦積極配合推動旅遊環境建設，以實現政府目標。

成田機場（Narita Airport），全名為成田國際機場（Narita International Airport），是日本最大的國際航空樞紐之一，位於東京市中心東北約60公里的千葉縣成田市，地形為丘陵地，目前具備2條跑道，包含長度4000公尺之 A 跑道（A 滑走路）與長度2500公尺的 B 跑道（B 滑走路），機場年容量達到30萬架次。

2.3.1 成田機場新（擴）建工程介紹

日本政府期望成田、羽田2座機場共創100萬架次之目標年容量，目前羽田機場達到年容量50萬架次後，已無可擴展之腹地。為達成目標年容量50萬架次，成田機場規劃 B 跑道延伸擴建工程及 C 跑道新建工程，總擴建面積約1,099公頃，預計於2029年3月31日完工，完工後成田機場配置如圖2.3-1所示。



圖 2.3-1 成田機場未來三條跑道配置圖

2.3.1-1 B 跑道延伸擴建工程

成田機場目前 B 跑道長度為2500公尺，無法滿足 A380起降需求，考量跑道南尚有私人用地取得困難，故成田機場規劃將 B 跑道向北側延伸1000公尺，延長後 B 跑道長度達3500公尺，即可滿足 A380起降需求，B 跑道延長工程關鍵議題如下：

一、規劃設計重點

- 跑道高程訂定:與目前 B 跑道頭高程相同 (EL=41m)，並於跑道延長段的東、西兩側填築防音堤，降低航空噪音對周邊環境影響，如圖2.3-2所示。
- 防洪設計:排水工程採用50年極端降雨設計標準，滯洪池設計量體約200,000m³，並於綠帶區規劃額外臨時滯洪空間，以因應超出設計標準之強降雨，如圖2.3-3所示。

二、施工用地取得

- 既有道路立體化及改道工程:

B 跑道擴建區內包含1個既有高速公路與多條地方道路，成田機場將受影響的高速公路改建為地下箱涵、地方道路則另採替代道路方式處理。

本次參訪，適逢成田機場辦理16L 進場燈光橋下的既有高速公路（東關東自動車道）臨時改道工程，該臨時道路已於2024年10月完成，後續將原高速公路段改建為地下箱涵，其施工區域可於白天施作而不影響 B 跑道起降，鄰近 B 跑道北端（16L）與既有進場燈光橋範圍則採宵禁期間施工作業，如圖2.3-4所示。



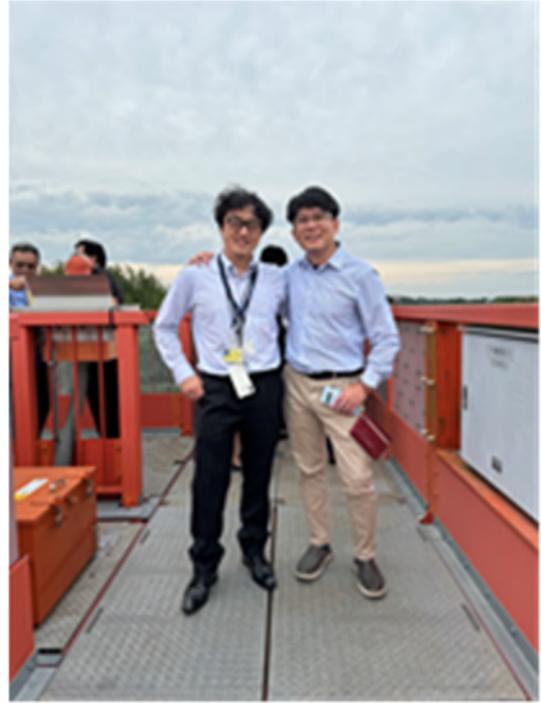
既有高速公路（東關東自動車道）改道工程

- 進場燈光跨越橋:

既有進場燈光位於 B 跑道延長範圍內，成田機場公司評估以不改變能見度最低天氣標準之前提，允許拆除其中3盞進場燈進行整地與鋪面施工，完工後以臨時進場燈復舊；部分 B 跑道新設進場燈光以燈光橋形式跨越滯洪池及地方道路，與既有燈光橋銜接，如圖2.3-4所示。



既有16L 進場燈光橋



與成田機場燈光專業水島先生合影



每組5個進場燈與1個順序閃光燈



6 度角進場燈與維修控制箱，
可以直接於橋上進行進場燈光設定

2.3.1-2 C 跑道新建工程

為達成年容量50萬架次之目標，成田機場規劃新建長度3,500公尺之 C 跑道，以提升機場容量。C 跑道位置考量飛機降落 B 跑道若需重飛(Go Around)時所需安全距離，使 B、C 跑道得採一起一落之跑道運作模式運行，C 跑道新建工程關鍵議題如下：

一、規劃設計重點

- 跑道高程訂定：

C 跑道設計高程順應周遭的丘陵地形，故採峰谷挖合方式，使擴建區填土達土方數量平衡，設計 EL 介於20~33之間。

- 填築材料選用與地質改良配比：

C 跑道擴建區表層存在厚度達15m 的泥炭土，因數量過多無法全數挖除置換，故為避免未來跑滑道發生長期沉陷，並考量工程經費，將視不同區位採用不同改良方式。初步調查優良材料數量有限，故優先填築於航機通行之道面範圍。若現場施工有多餘優良材料，才用於道肩下方填築。

若一般填築材料強度仍無法達到設計標準，將採用高壓噴射灌漿工法進行地質改良，改良配比並未於設計階段定義，其地質改良配比預計於施工階段取得較多實驗數據後再決定配比。

- 沉陷穩定標準認定：

桃園機場第三跑道工程有大量的挖填方工程，依據桃園機場第三跑道工程的設計成果，以沉陷速率小於1cm/每60天，認定沉陷達到穩定，方能施作上部結構。

成田機場於設計階段計算預估沉陷量與到達95%壓密度之預估穩定時間為大約也是60天，於施工階段時雖會參考設計預估穩定時間，仍以工程師判斷現地已無明顯沉陷後方能施作上部結構，未使用定量沉陷穩定標準。

成田機場另外分享殘餘沉陷量(5%)過渡期間，南側過夜機坪範圍的施作材料的考量，該機坪採用高程調整容易的柔性鋪面(AC)，於開放使用後每年進行高程測量與修補，視情況填補 AC 維持機坪坡度要求，確認沉陷穩定後再改建為耐航油之剛性鋪面，此作法不僅可使機坪維持營運，亦節省維護及施工時間。

- 排水防洪設計:

成田機場於綠帶區設置乾式滯洪池，因為乾式滯洪池是最常用，也是最便宜的一種滯留結構，平常它是一塊低窪地空地，不會因為貯水而吸引鳥類或是生物棲息，只有發生暴雨時才發揮貯水功能，它為不確定何時發生的致災性暴雨提供貯水空間。乾式滯洪池如同沉默的飛航安全守護者，不張揚但確有其必要性，且乾式滯洪池無論在建置成本、維護的費用皆較地下滯洪池更便宜。

二、施工前置作業

- 用地取得:

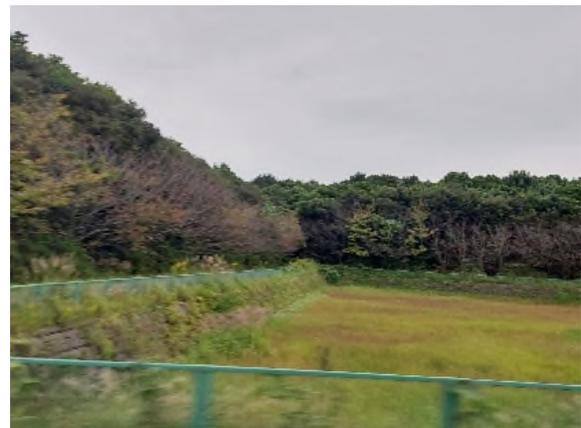
成田機場公司直接與地主協調後價購用地，並提供新住所，目前正在尋找當地居民溝通討論搬遷地點，並持樂觀態度，於2029年如期完成 C 跑道工程。

- 施工範圍樹木處理:

成田機場為維持生態環境，於機場周邊仍保留大片樹林，亦有減噪效果，並於特定區域設置防鳥網以避免鳥擊，對於不適合移植的樹木，可製成肥料回歸大地，取代直接運棄，永續發展的角度去處理樹木不是只有移植保活才是唯一解，可以將樹木作為肥料，或者是將其製作為環保非一次性之日常用品，也是對環境友善的方式。



綠帶樹木設置防鳥網



綠帶區乾式滯洪池與周邊樹木

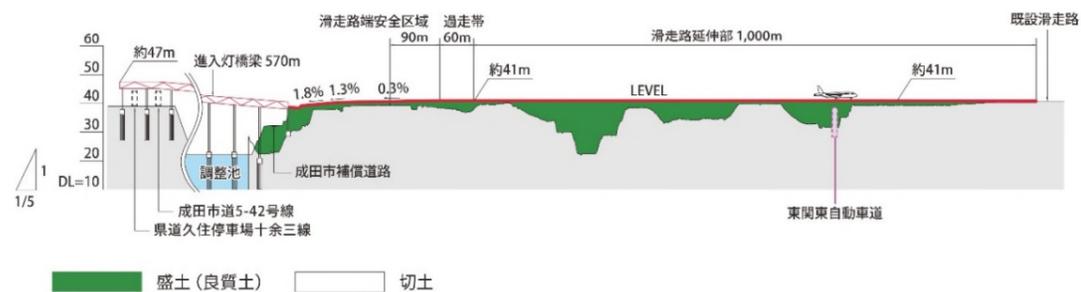
B滑走路延伸地区における 全体工事計画図

B滑走路延伸地区における全体工事計画の概要

- 滑走路は、現在のB滑走路を北側に1,000m延伸し、延長3,500m、幅員60mの滑走路を整備します。
- 滑走路の縦断勾配は、現滑走路北端部の標高(41m)に合わせてフラットに整備します。
- 滑走路の東西に航空機騒音低減のため防音堤を整備します。
- 新たな進入灯(900m)は、県道、市道、調整池と交差することから一部橋梁形式で整備します。



B滑走路縦断図



a 造成横断図

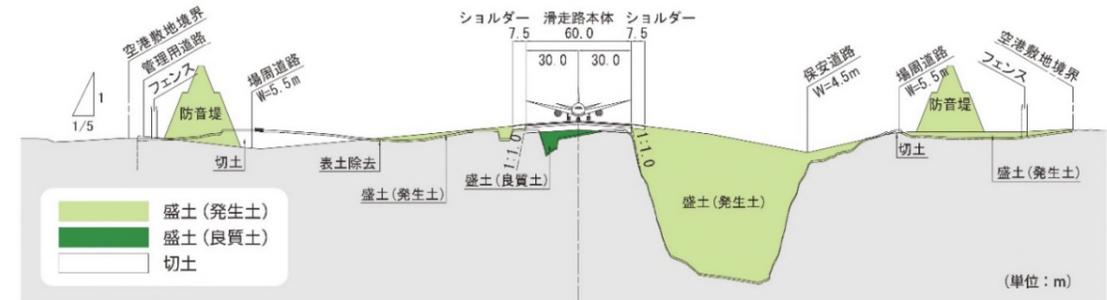


図 2.3-2 B 跑道延伸段整體工程配置圖

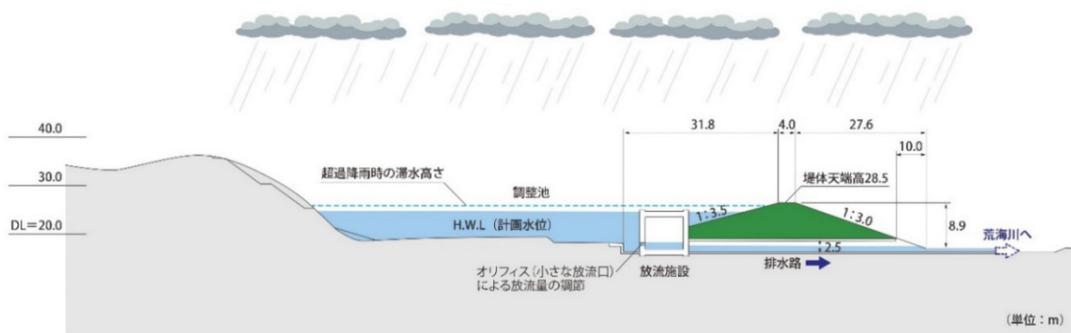
B滑走路延伸地区における 雨水排水等の工事計画図

B滑走路延伸地区における雨水排水等の工事計画の概要

- B滑走路延伸整備に伴う敷地拡大により、周辺の治水安全度が下がらないように空港内に整備する調整池で流量調整したうえで、既設排水路を經由して荒海川等に排水します。
- 調整池は、50年に一度の大雨に対応する約20万㎡の規模で整備します。
- 局所的な豪雨が頻繁に発生していることに配慮し、空港内の造成形状を工夫し、50年に一度の雨を上回る雨（超過降雨）が降った場合には可能な限り空港内で貯留できるようにします。
- 河川等の水質保全として、本格造成工事等においても濁水流入防止対策を実施してまいります。



i 調整池による放流量の抑制



j 空港内滞水状況

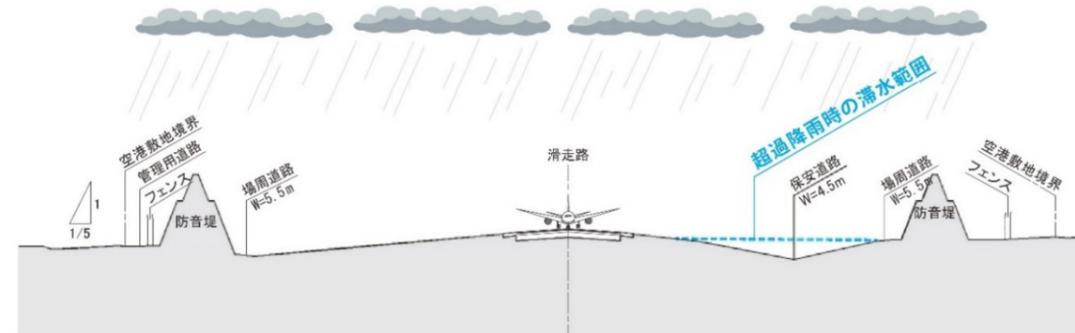


図 2.3-3 B 跑道延伸段排水工程配置図

B滑走路延伸地区における 付替・補償道路の工事計画図

B滑走路延伸地区における付替・補償道路の工事計画の概要

- B滑走路延伸に伴う敷地拡張により、下図のとおり東関東自動車道のトンネル化や成田市道の廃止及び補償道路の整備が必要となります。地域の皆様の交通が分断されないようにB滑走路延伸部に補償道路の整備を進めてまいります。今後も補償道路計画の具体化に向けて、関係者と共に丁寧に検討を進めてまいります。

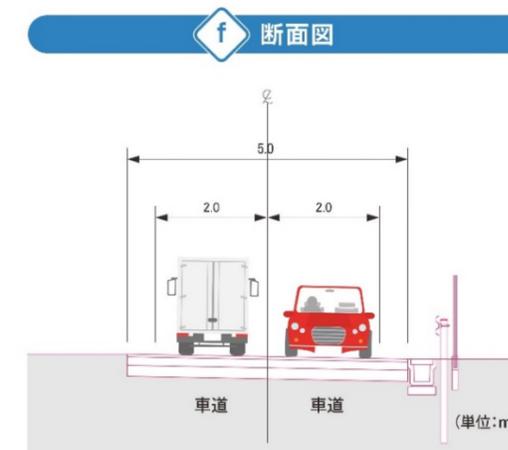
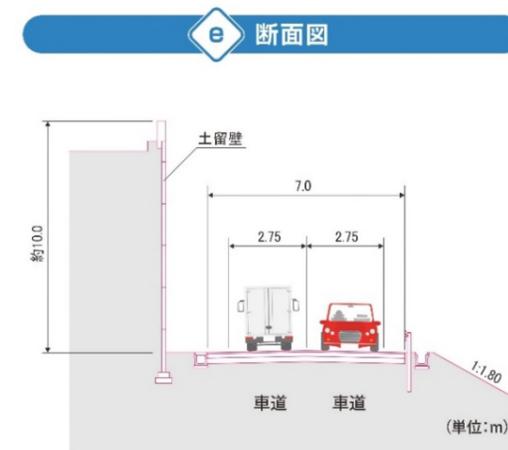
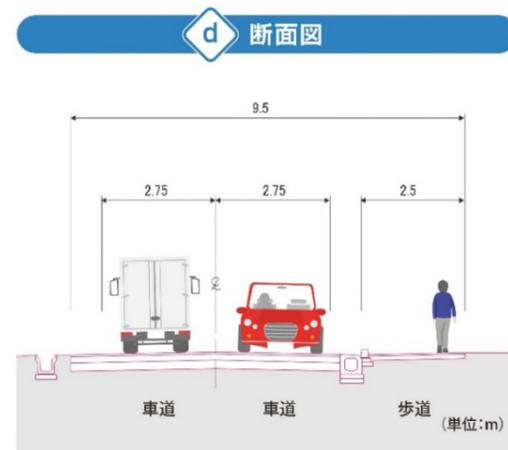
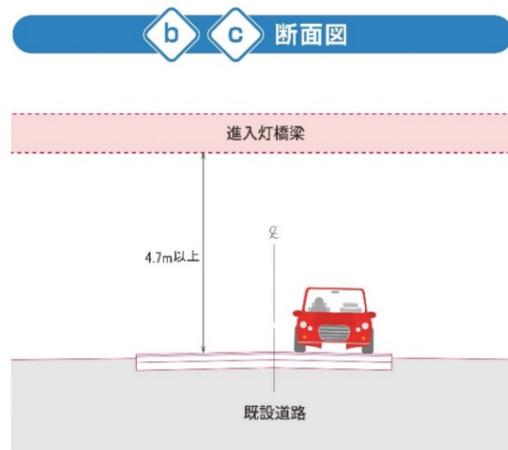


圖 2.3-4 B跑道延伸段既有道路介面處理

C滑走路新設地区における 全体工事計画図

C滑走路新設地区における全体工事計画の概要

- 延長3,500m (幅員45m) の滑走路、延長約6,200m (幅員23m) の誘導路を整備します。
- 滑走路の縦断勾配は、現況の地形を活かし、標高20~33mで整備します。
- 空港周囲に地域特有の谷津地形を活かした緑化区域を設け、自然環境に配慮した空港整備を行います。
- 空港整備区域内には成田用水や北総中央用水の農業用管路等、多数の公共施設が存在しています。それらについては、関係機関の協力を得ながら付け替え工事等の補償事業を実施します。

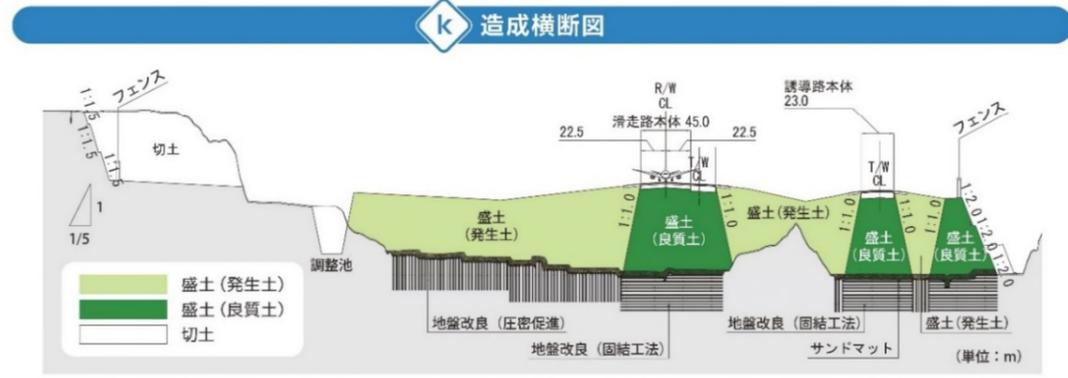


図 2.3-5 C 跑道擴建工程整體配置圖

2.3.2 成田機場維護作業

2.3.2-1 鋪面維護作業

一、成田機場鋪面巡檢說明

成田機場目前為2條主跑道 A 跑道（16R/34L）及 B 跑道（16L/34R），皆是選用瀝青混凝土做為鋪面材料(AC)，宵禁時間為24:00至06:00，因此白天巡檢對於機場運作影響較小之機坪區，深夜宵禁時間巡檢跑道與滑行道。

1. 巡檢作業方式：

成田機場24小時全天候巡檢，配合宵禁時間(每日2400至0600)，白天巡檢對於機場運作影響較小之機坪區、勤務道路等空側基礎設施，深夜宵禁時間巡檢跑道與滑行道等關鍵設施，每日巡檢方式以車上目視為主，發現異常處時，下車以敲擊法確認，自2018年引進紅外線巡檢車後，可有效提昇每日巡檢效率，如圖2.3-6所示。



圖 2.3-6 傳統巡檢方式與紅外線巡檢車

2. 巡檢頻率訂定：

成田機場全區巡檢頻率完成需花費1週，週間巡檢安排如圖2.3-7所示，容易損壞區域則為每日巡檢。

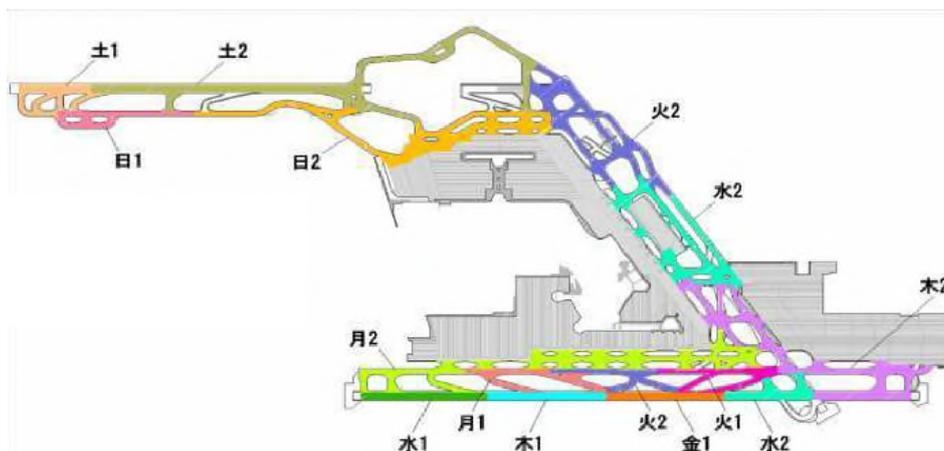


圖 2.3-7 成田機場每週巡檢規劃

考量瀝青混凝土 (AC)遇到高溫容易變軟的特性，成田機場每年夏季 (6~9月)針對重點區域增加巡檢頻率至每週5次，如圖2.3-8所示。

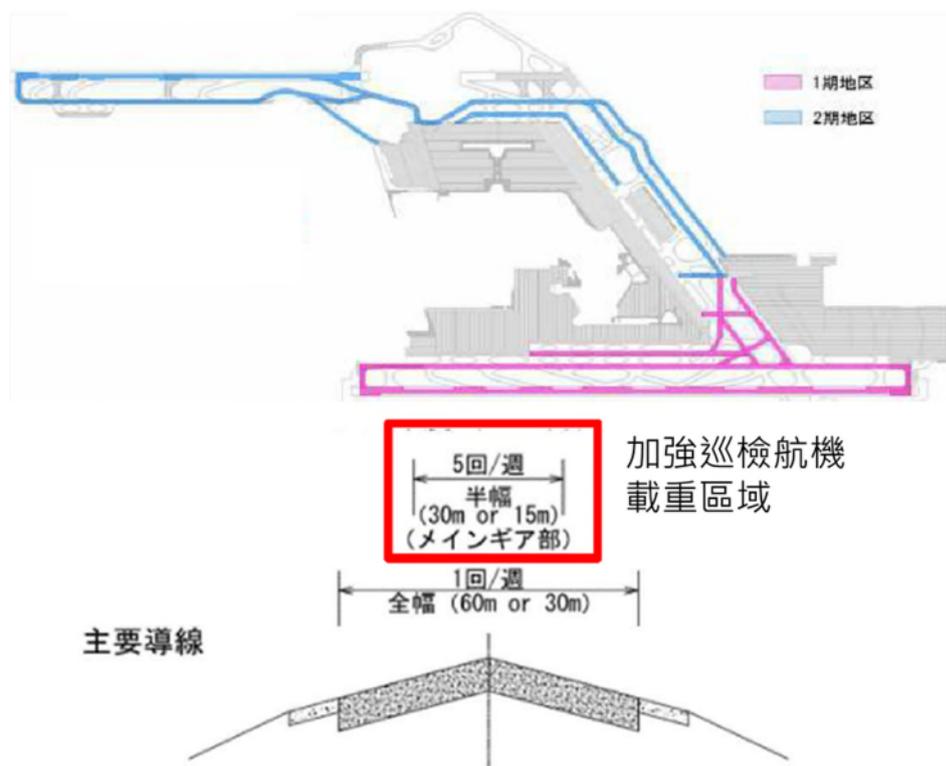


圖2.3-8 成田機場夏季重點巡檢範圍

二、 預防性檢測

除每日巡檢觀察，再搭配定期預防性檢測，評估設施損壞程度，以掌握隨時間劣化狀況但無法人眼直接判斷的項目，包含：平坦度、鋪面評級與摩擦係數，檢查頻率如下：

- 平坦度調查：每三年辦理一次，確認符合民用航空法。
- 鋪面評級：每三年辦理一次，調查柔性鋪面裂縫與車轍，剛性鋪面裂縫、接縫損壞與段差。
- 摩擦係數調查:每年6次，冬季（12月～隔年3月）不辦理。

三、成田機場維護作業循環

將每日巡檢及預防性檢測的結果以電腦紀錄、統計、追蹤後歸納、分析，搭配設施重要性與損壞程度進行分級，制定設施維修優先順序，並以風險管理矩陣的手法控管，並制定翻修週期，方可於每日宵禁有限的時間內，擬定最有效率的補修策略，以降低機場營運風險，如圖2.3-9、圖2.3-10所示。

跑道				滑行道					
破損度	大	M	H	H	破損度	大	L	M	H
	中	L	M	H		中	F	L	M
	小	F	L	M		小	F	F	L
		其他 (道肩、跑道安全區)	非航機通行區	航機通行區			其他 (道肩)	非航機通行區	航機通行區
		重要度					重要度		
停機坪				道路					
破損度	大	L	M	H	破損度	大	L	M	H
	中	F	L	M		中	F	L	M
	小	F	F	L		小	F	F	L
		其他 (建築物周邊)	勤務道路、 裝備停放區、 非航機通行區	航機通行區			其他 (交通量較少的 步道)	交通量較少的 車道、路肩、 停車場、 步道	車道
		重要度					重要度		
分級					設施維修期限				
H (High)					1~2天				
M (Middle)					3~14天				
L (Low)					2週~2個月				
F (FollowUp)					2~3個月 (觀察)				

圖2.3-9 設施維修分級矩陣

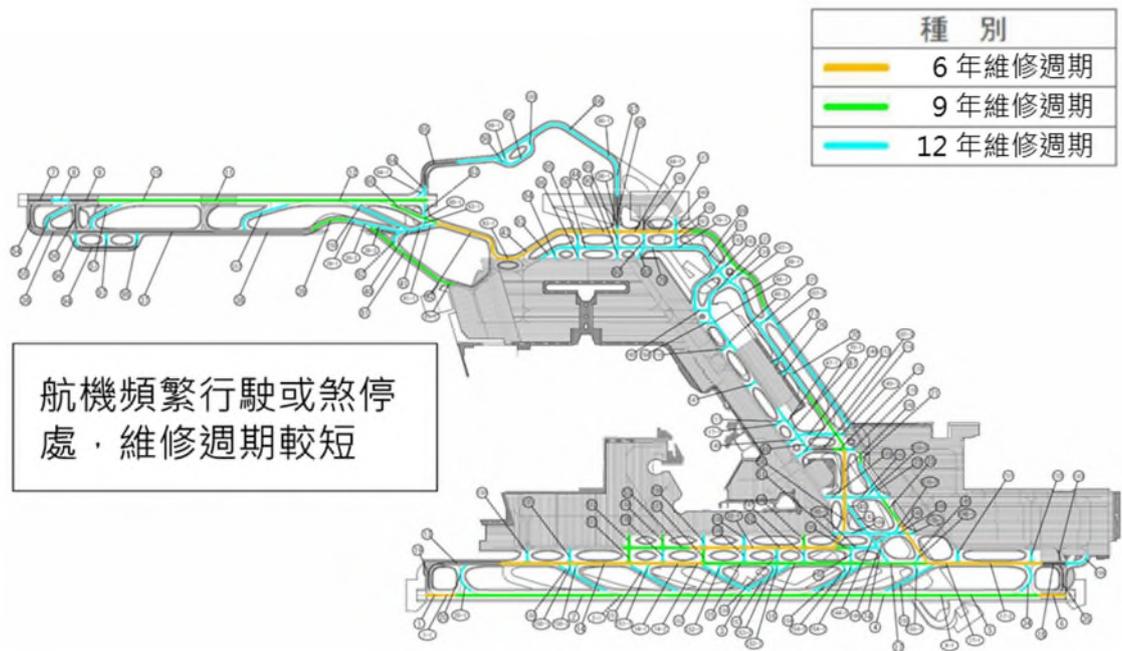


圖2.3-10 成田機場柔性鋪面定期翻修週期

四、鋪面搶修方式

每晚宵禁時間進行鋪面維修，選用混凝土鋪面修補材料為超早強混凝土，每天早上5點前需結束工作，並確保鋪面開放使用時鋪面溫度低於50°C，如圖2.3-11。

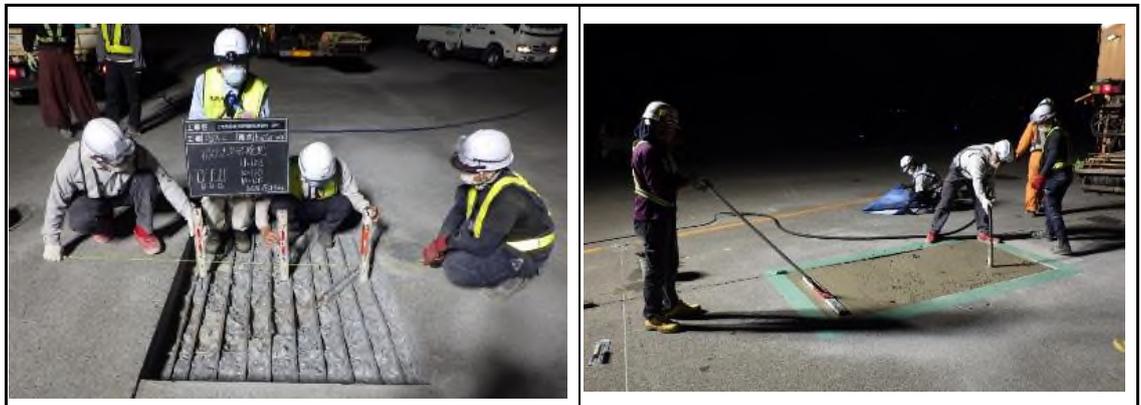


圖2.3-11 成田機場鋪面維修作業

成田機場為避免週六、週日跑道破損緊急搶修，無法取得熱料，成田機場購置瀝青加熱設備因應，每次可加熱200公斤，例行備料約800公斤，如圖2.3-12。



- 仕様
- ✓ 全長 2,060mm 、全幅 1,160mm 、
全高 1,250mm
- ✓ 最大容量200kg

- 導入 2014年9月～
- 購入価格 1,000万円（税込み）

圖2.3-12 成田機場瀝青加熱設備

2.3.2-2 航空地面燈光系統設施與維護

一、基本燈光架構

成田機場目前為2條主跑道 A 跑道（16R/34L）及 B 跑道（16L/34R），依儀器降落系統精確進場類別 A 跑道屬第 II 類、B 跑道屬第 I 類，燈具總數量約15,000盞，滑行道均設置邊燈及中心線燈，相較桃園機場北跑道（05L/23R）及南跑道（05R/23L）精確進場類別均屬第 II 類(05L 屬於第 III 類)，燈具總數量約8,000盞，跑道精確進場類別等級相類似，惟成田機場滑行道均有設置邊燈，所以整體燈光盞數較多，可提供機師於航機落地後更佳的滑行道目視滑行。

另有關先進場面導引控制系統(A-SMGCS, Advanced-Surface Movement Guidance Control Systems)之 Follow the green 功能，成田機場目前並未使用此功能來引導航機，因採用日本本國（Toshiba 東芝照明科技）燈光系統的建置，該系統係以 CCR 迴路控制燈光群組，故單燈監控尚未導入，僅以單燈監視功能於圖控介面顯示燈具狀態，並未有單燈啟閉的功能，相較桃園機場採用比利時 ADB 公司單燈監控系統，因有單燈啟閉的功能，故桃園機場可控制性功能較佳，並已保留未來 Follow the green 功能。

二、航空地面燈光維護業務說明

1. 公司燈光系統管理層

成田機場設有航空照明整備所，公司內部管理13員，與設備製造商建立契約合作及場面燈光工程的履約管理，而桃園機場為工程處燈光科負責燈光席位進行燈光狀態監視，及燈光計畫性改善工程、常年維護契約發包與履約管理。

2. 燈光委外維護

成田機場現場燈光設施維護作業委外(子公司 NAFCO)約50員，包含供電設施、監控系統、現場照明設備，相較桃園機場燈光系統維護團隊監控系統11人、供電及燈光設施37人，協辦履約管理11人，規模相近。

3. 燈光維護中心

成田機場設有航空照明整備所，如圖2.3-13設置有多項燈具檢修流程及輔助設備，如設有自動倉儲系統將燈具依種類歸納擺放，另有燈具氣密檢測(乾式及濕式)、燈具漏電檢測、燈具清潔機及燈具亮度檢測(室內暗房及戶外燈光檢測車)及各類物料庫存系統，建置為相當完備的維護檢修中心，而目前桃園機場燈光維護中心，僅設有燈具亮度檢測(室內暗房及戶外燈光檢測車)，並以手持式絕緣高組計檢查燈具漏電情形，相形之下桃園機場燈光維護中心還有相當程度的進步空間可以優化，但我們的監控系統直接設立於維護中心，提供即時資訊則是一項優勢。



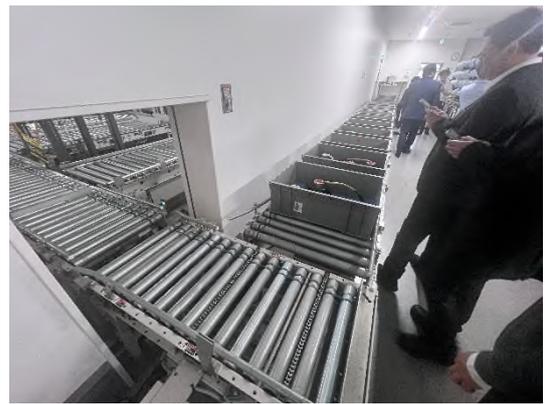
燈光維護中心外觀



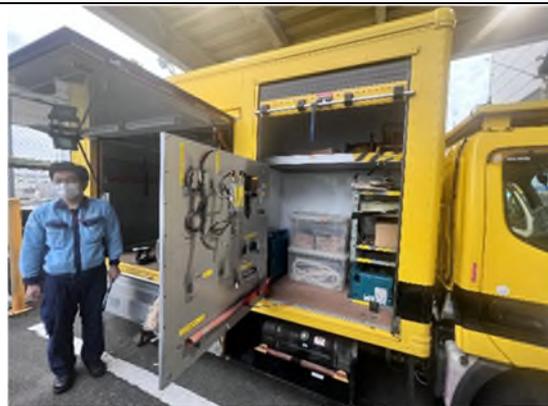
一樓放置各種燈具剖面模型



燈具自動化倉儲系統



當晚預計更換的燈具



燈具維修車



RFID 快速掃描

圖2.3-13成田機場燈光維護中心及設備

4. 預防性維護週期

成田機場因為有營運宵禁的規定，故可採用預防性維護方式，利用每日夜間關場時段安排約100~150盞燈具，輪替拆回進行檢修，且擁有上開所提維護中心完善的檢修設備，於每季或半年期可完成定期檢修的目標，而桃園機場係採日間南、北跑道各0.5小時維護及夜間:數日北跑道、雙數日南跑道 5小時維護，因相對跑道關閉時間較短，故採用矯正性維護為主，預防性維護為輔，日後桃園機場第三跑道加入運作時，跑道關場維護時間較為彈性，應可參考成田機場進行較為全面的預防性維護，如圖2.3-14。

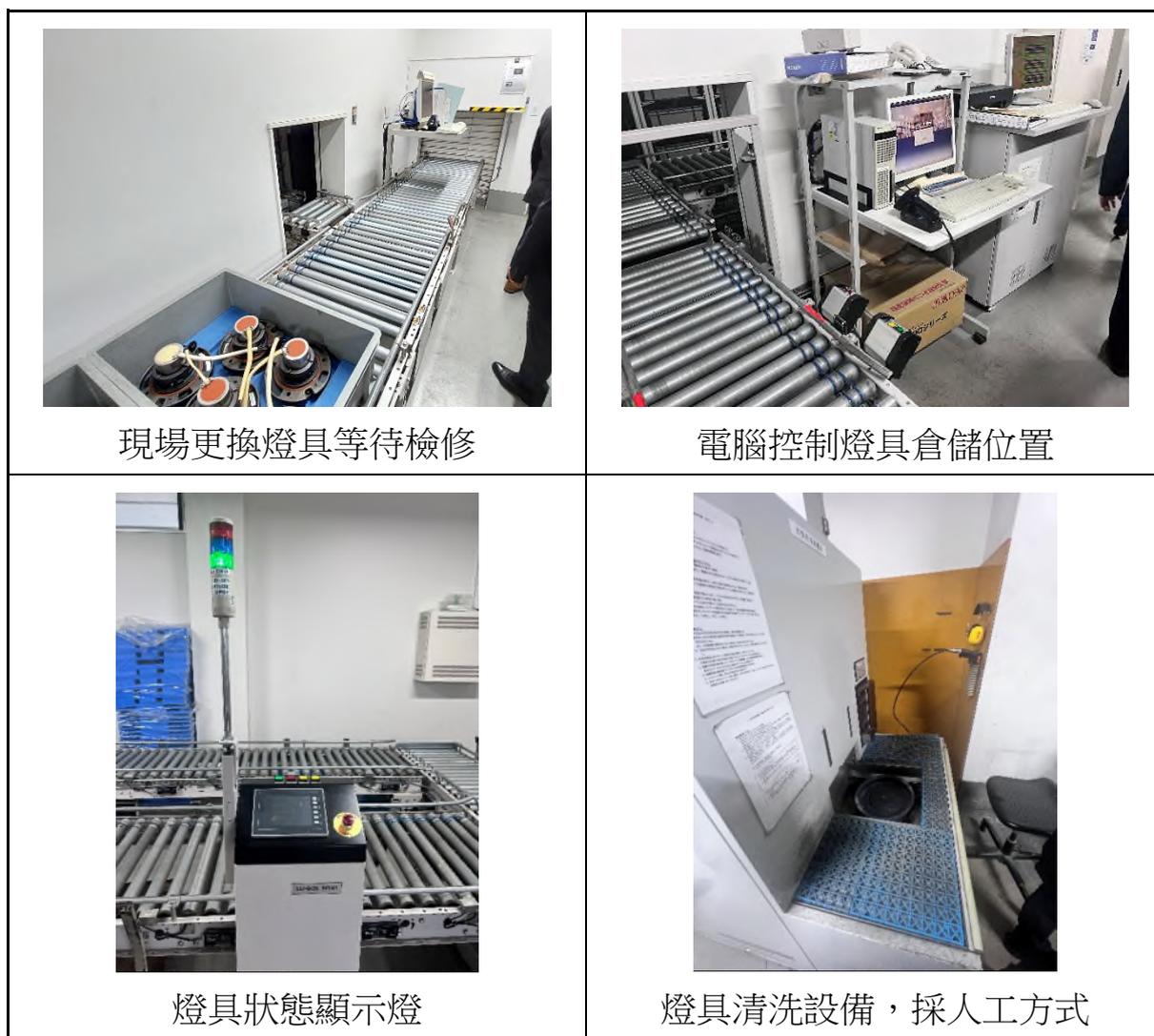


圖2.3-14 成田機場燈光檢修設備

5. 燈具檢測標準

成田機場現場燈光設施維護作業委外(子公司 NAFCO)，除了使用專用維修車輛，於例行夜間跑道關場時使用 MALMS (英國製造) 用於移動測量燈光亮度，確保現場燈光檢測結果達到70%平均亮度，及預防保養使用維護中心的暗房燈光檢測設備，並定義不同燈具類別的標準，如進場燈為 S 級檢測結果須達到150%平均亮度、跑道燈光為 A 級檢測結果須達到100%平均亮度、滑行道燈為 B 級檢測結果須達到70%平均亮度等，而桃園機場目前採用維護契約外包檢測作業，包含現場燈光檢測及維護中心暗房檢測，惟目前測量標準係依 ICAO 維護章節所訂須達50%平均亮度為汰換燈具基準，考量半年檢查週期，延壽半年期間至少仍須符合規定，應提升標準值至70%平均亮度較為合理，並可視燈具重要性可訂定較高之檢測標準，如圖2.3-15。



圖2.3-15 燈光亮度檢測車



氣密性試驗設備 (濕式)



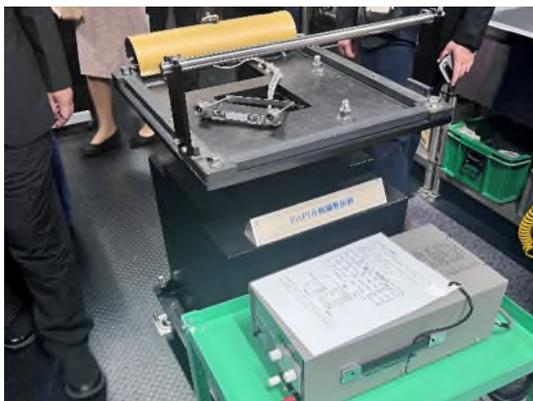
氣密性試驗設備(乾式)



燈具烘乾設備



通電試驗設備

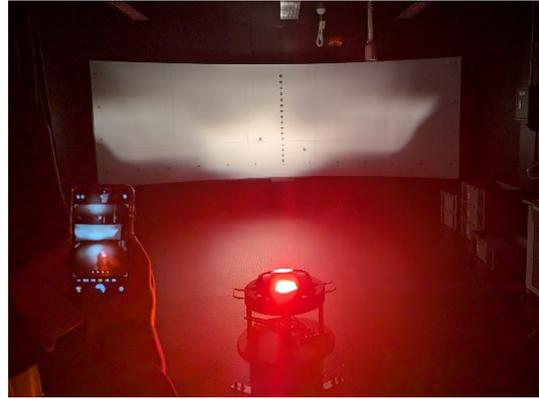


PAPI 燈調整試驗設備

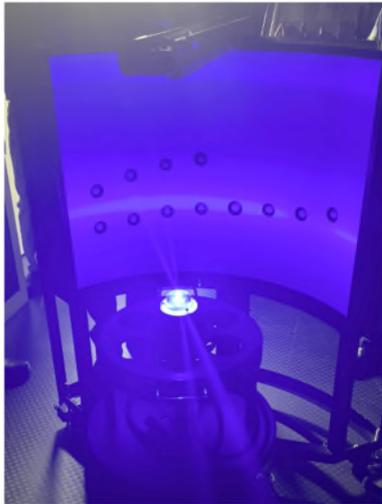


絕緣電阻試驗設備

圖2.3-16 燈光檢測設備



光度試驗設備，依據試驗結果分為 S 級(平均光度 150%、均齊度 1.0~1.2)、A 級(平均光度 100%、均齊度 0.5~1.5)、B 級(平均光度 70%、均齊度 0.2~1.8)與 C 級(平均光度 70%以下、均齊度超出 0.2~1.8)。跑道燈需達到 A 級以上，滑行道燈需達到 B 級以上，C 級需重新檢修。



邊燈光度試驗設備，因邊燈亮度較低，故需使用不同試驗儀器，該儀器可測試燈具在水平 360 度、垂直 0~90 度範圍內的光度。

圖2.3-17 邊燈檢測設備

6. 其他維護或輔助工具機資源

本次參訪日本成田機場、羽田機場及前期參訪的關西機場，其主要共同點為該燈光設備供應商係同為日本本國(Toshiba 東芝照明科技)所建置及供應，並包含監控系統、倉儲系統、物料系統等管理，因其為國內供應商，故建置規模完整且成本較低，檢視桃園機場燈光設備採購受限於國內並無專業廠商，須向國外其他機構招標採購建置，優點為可採購國際的最佳設備或最新系統，反觀缺點是後續維護資源取得不易且成本高，須再假以時日當國內各機場需求提升時，或有相關廠商代理完整式維護方案，目前採評估效益及漸進式採購，以期滿足營運及高妥善率目標。



圖2.3-18 維護輔助設施

7. 傳統鹵素燈具陸續汰換為 LED 燈具

航空地面燈光採用 LED 照明為未來的趨勢，桃園機場之滑行道中心線燈已全面更換為 LED 燈具組，後續將規劃跑道燈光(含進場燈光)陸續汰換為 LED 燈具組，惟24小時運作的機場如何在符合規範且不影響營運情形下逐步進行為重要之議題，成田機場表示，有關滑行道燈光更換時之經驗，逐步汰換時可允許鹵素燈具與 LED 燈具並存，但跑道燈光運作須更嚴謹規劃汰換事宜，由於成田機場有夜間宵禁時段可進行相關作業，至於可能尚有鹵素燈具與 LED 燈具並存問題，則須要再研議替代方案。

三、航空地面燈光監控系統 (ALCS, Airfield Ground Light Control & Monitoring System)

航空地面燈光監控系統(下稱監控系統)主要使用者為飛航管制員，進行場面燈光啟閉及亮度等控制，以達到順利導引航機起降及至停機坪之目的。成田機場監控系統廠牌為 TOSHIBA 涵蓋跑道 A、跑道 B，屬封閉環境的工業控制系統，系統有獨立的伺服器(1主運作1備援)、網路交換器及實體網路，當主伺服器失效時啟用備援伺服器，現場燈光係由 TOSHIBA 監控系統介面傳輸訊息至 CCR 迴路選擇器開啟燈光，並搭配電力載波去偵測每個燈具的遠端變壓器以取得狀態(並無單燈控制)，而與桃園機場燈光控制系統採用比利時 ADB 公司監控系統(西門子 Siemens 監控系統/ 雙伺服器主從備援架構)，並採用定址器 Remoter 為單燈控制之架構不同。

成田機場在跑道及繁忙的滑行道的交口設置停止線燈，並採用3組搭配微波感知器偵測，但僅於低能見度時啟用，當偵測飛機或車輛進跑道時，滑行道沒觸發感知器而按下停止線燈關閉按鈕，停止線燈也不會關閉以避免誤動作。而桃園機場主要設置為跑道停止線燈，為常時24小時開啟運作，但每處交口採用2組紅外線搭配微波感知器偵測，後續可研議是否可採用3組式微波感知器，提高偵測可靠度。

2.3.3 現地參訪

2.3.3-1 地面塔台

成田機場有兩座塔台，一座係由政府機關管理的空域塔台，另一座則係由成田機場公司管理的地面塔台，空域塔台負責引導航機降落成田機場後，即轉由地面塔台引導航機滑行至停機坪。

桃園機場的空域塔台則負責引導航機降落到滑行至停機坪，才轉由地面塔台管理，兩座機場之權責劃分不同。



本次參訪地面塔台



空域塔台



B 跑道延伸工程場址



C 跑道擴建工程場址



未來跑道運作模式介紹



成田機場未來整體規劃介紹

圖2.3-19 塔台導覽

2.3.3-2 空側管制區

經空側環場道路前往 B 跑道延長工程場址途中，發現成田機場周邊仍保留大量樹木，彷彿置身於森林中的機場，亦發現成田機場使用的紅白色施工圍籬為 H 型鋼噴漆組成，惟因車上不好拍攝紀錄，僅以文字記錄說明。



雙層通視圍籬、CCTV 與刺絲網



排水幹線設置防鳥網

圖2.3-20 成田機場空側導覽

2.3.3-3 燈光維護中心

成田機場特別分享於113年10月13日 一架波音747貨機降落時，因輪胎破損導致輪框直接壓損的燈具，屬於十分罕見的事故。



圖2.3-21 成田機場燈光維護中心導覽

2.4、羽田機場

羽田機場為日本最繁忙的機場，羽田機場目前共有4條跑道與3座航廈，為24小時營運機場，整體配置如圖2.4-1所示。2023年客運量達到8千萬，其中國內航班佔6.1千萬，國外航班佔1.9千萬。



圖 2.4-1 羽田機場配置圖

2.4.1 羽田機場擴建工程

2.4.1-1 D 跑道擴建介紹

D 跑道長度為3120公尺，其基礎為填海造陸，將大量土地填入海中，過程中必須考慮到地理特性，為了不阻擋多摩川入海口，其中1100公尺採用棧橋式基礎，其於2020公尺則為填海造陸基礎。

一、規劃設計重點

- 沉陷控制:

羽田機場 D 跑道因為填海造陸機場，因此沉陷控制為重要議題，填土區面積約95公頃，總填土量達3800萬方，填土材料來源包含航路疏浚土(經管中混合固化處理)與海床開挖土石方。堤防區海床土壤採用 SCP 改良工法，填築區則採用 SD 改良工法。



圖2.4-2 SD 改良工法介紹

- 棧橋施工方式：

棧橋區面積約52公頃，由198個棧橋單元組成，每個單元尺寸為63m×45m，先於海床打設鋼套管，再吊放單元插入鋼套管。



圖2.4-3 棧橋施工介紹

- 施工材料選用：

為了縮短工期、降低工程經費與提升作業安全性，跑道與滑行道區域採用預鑄 PC 床版(PCa 床版)，其他次要區域則採用超高強度預鑄鋼纖混凝土床版(UFC 床版)，重量只有前者一半。

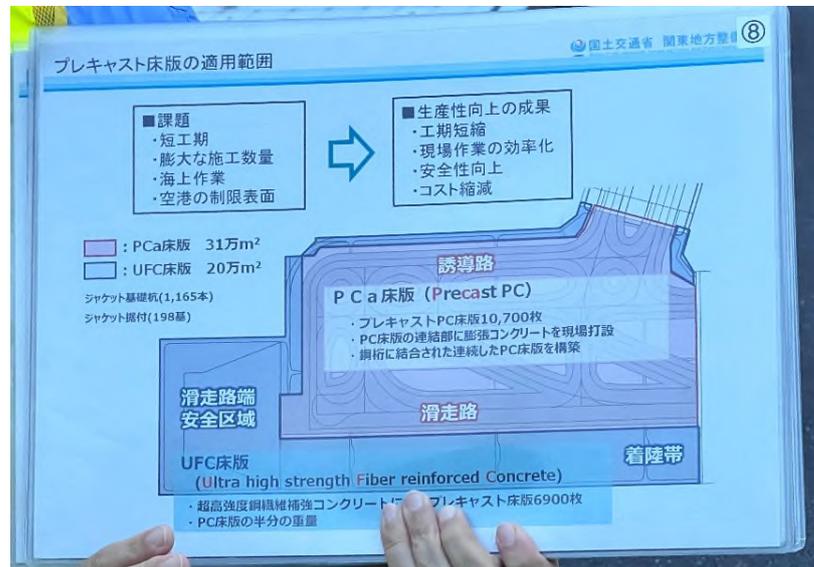


圖2.4-4 施工材料介紹

- 防鏽蝕考量：

結構物設計年限為100年，其中鋼套管採用不鏽鋼材質，上部結構則採用鈦金屬蓋版防蝕，於棧橋內部布設除濕機，自動偵測環境濕度，並控制濕度維持50%以下。

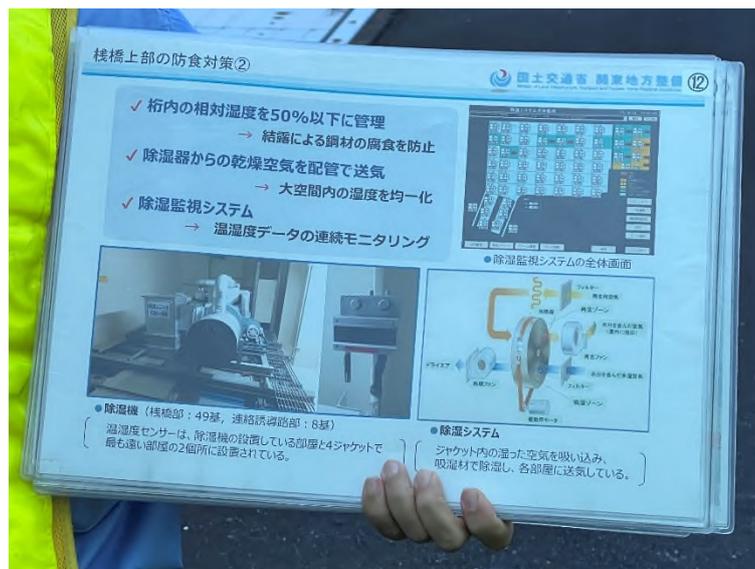


圖2.4-5 防鏽考量介紹

- 填土區與棧橋區接縫處：

填土區與棧橋區接續處採用特殊伸縮裝置，其可承載大型航機載重，同時可維持兩端段差低於2cm，並具備±60cm 的伸縮空間。



圖2.4-5 填土區與棧橋區接縫處介紹

二、施工前置作業

- 禁限建畫設：

成田機場依據日本航空法與 ICAO 標準訂定障礙物限制面，所有機場皆需訂定進場面(Approach Surface)、內水平面(Horizontal Surface)與轉接面(Transitional Surface)，而羽田、成田、中部、關西、大阪等國際機場則視周邊環境與航線等條件，額外訂定圓錐面(Conical Surface)、外水平面(Outer Horizontal Surface)與延伸進場面(Extended Approach Surface)，如圖2.4-6所示。其中，進場面、轉接面與延伸進場面範圍內的障礙物皆不得超出障礙物限制面，其他範圍則允許臨時結構物、避雷設施或經機場營運單位認定不危害飛安之障礙物超出障礙物限制面。

D 羽田機場以機場規劃當下的地理幾何中心作為障礙物限制面的參考點(Reference Point)，當新建 D 跑道時，考量改變機場參考點與障礙物限制面會影響既有建物，且 D 跑道位於東京灣側，經評估後認為對陸地範圍影響較小，故最終並未改變參考點位置。

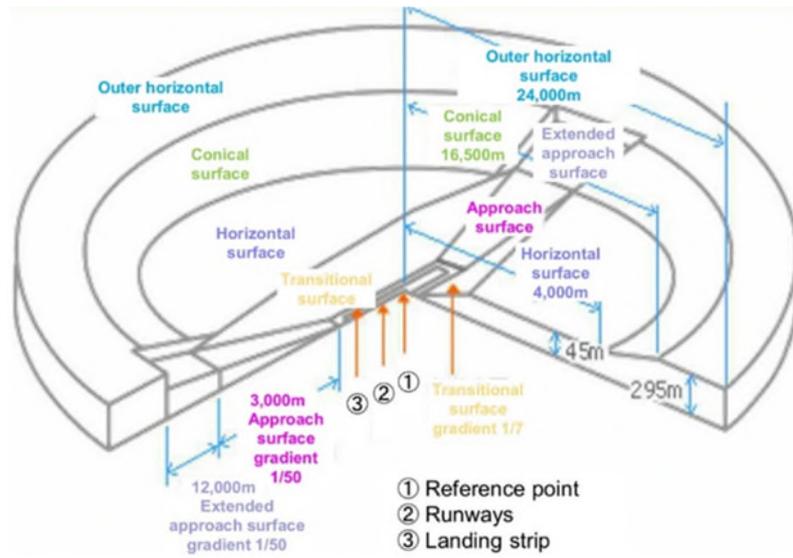


圖 2.4-6 障礙物限制面

2.4.1-2 羽田機場優化工程介紹

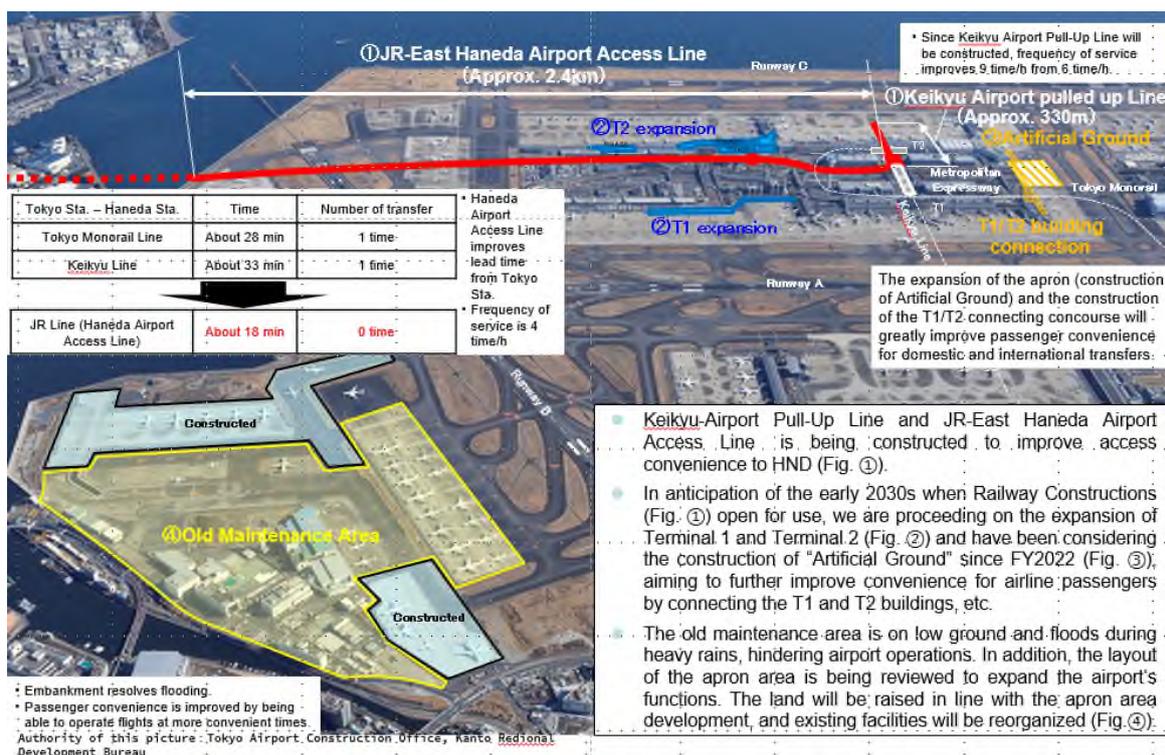


圖 2.4-7 羽田機場在建與未來工程規劃

1. 京急線延伸與 JR 東日本羽田機場 Access 線工程

京急線延伸工程完成後，每小時發車班次可增加至9班。(目前為6班/小時)JR 東日本羽田機場 Access 線完成後，東京車站－羽田機場交通時間可縮短至18分鐘，且不需轉乘。目前搭乘東京單軌單車交通時間為28分鐘，搭乘京急線交通時間為33分鐘，皆需轉乘1次。

2. T1、T2航廈延伸

延伸 T1、T2航廈，以增加接駁機位。

3. T1與 T2聯絡空橋與停機坪共構

規劃於 T1、T2航廈南側與跨場滑行道之間設置聯絡空橋，並於空橋上方施作停機坪，以提升 T1、T2航廈間移動效率，並增加停機位數量。

4. 舊維修區整建

舊維修區因地勢較低，大雨時容易淹水而影響機場運作，因此規劃整建填高解決易淹問題，並藉此機會優化停機坪配置，提升運作效率。

2.4.2 羽田機場維護作業

羽田機場為24小時營運機場，需輪流關閉4條跑道，方能進行巡檢與維修工作，其中 C、D 跑道因距離東京市區較遠，故關閉頻率較低，每週跑道關閉時段如圖2.4-8所示。



圖 2.4-8 羽田機場跑道關閉時段

2.4.2-1 鋪面維護作業

羽田機場考量降雨大多透過鋪面橫坡排除，故 A 跑道、B 跑道、C 跑道路堤段未設置至排水層。僅 D 跑道棧橋段有設置排水層，因考量萬一鋪面發生滲水，可能導致鋼床版長期積水而鏽蝕，故設置排水層避免鋼床版積水。

其控制沉陷方式為每年會進行一次跑道、滑行道的縱橫斷面測量，以確認道面沉陷狀況，當發現坡度不符規範要求時，便進行修補。量測密度:跑道縱斷面間隔50m，橫斷面間隔100mm；滑行道縱斷面間隔50m，橫斷面間隔200mm。

羽田機場僅提到柔性鋪面每10~20年會進行整建，期間則視需求以局部補綻方式修復，巡檢工作採用搭載移動測繪系統(MMS)的車輛提升工作效率，使得跑道巡檢得以在幾小時內完成，巡檢車輛設備如圖2.4-9所示。

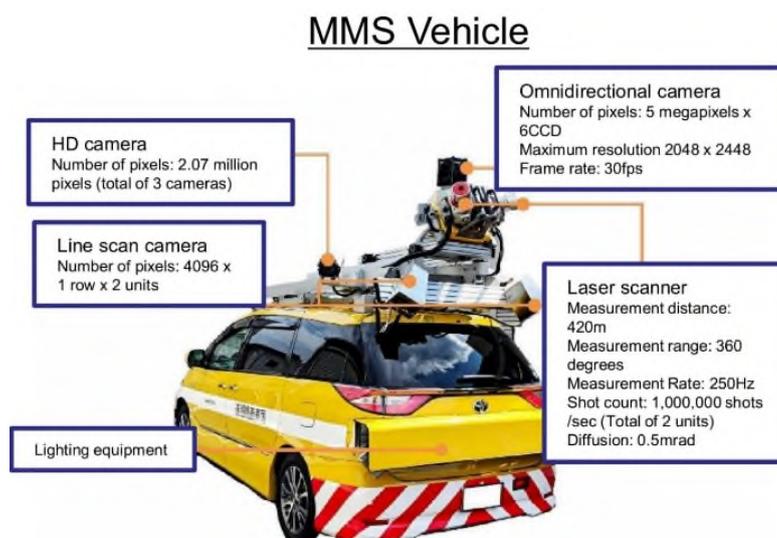


圖2.4-9 羽田機場巡檢車輛設備

2.4.2-2 航空地面燈光系統設施與維護

一、基本燈光架構

羽田機場目前有4條主跑道，依儀器降落系統精確進場分類：跑道 A 兩側 CAT I、跑道 B 22 CAT I、跑道 C 16L CAT I、34R CAT III 及跑道 D 23 CAT I，燈具總數量約16,000盞，與成田機場一樣於滑行道均設置邊燈及中心線燈，為相較優於桃園機場的部分。

另有關先進場面導引控制系統(A-SMGCS; Advanced-Surface Movement Guidance Control Systems)之 Follow the green 功能，羽田機場目前並未使用此功能來引導航機，與成田機場一樣採用日本本國（Toshiba 東芝照明科技）燈光系統的建置，該系統係以 CCR 迴路控制燈光群組，故單燈監控尚未導入，僅以單燈監視功能於圖控介面顯示燈具狀態，並未有單燈啟閉的功能，但羽田機場表示正在研究引入 A-SMGCS Level 4 的海外機場的系統。

二、航空地面燈光維護業務說明

1. 公司燈光系統管理層

羽田機場 JCAB 工作人員28位（負責燈光、電力）。

2. 燈光委外維護

照明電氣設備維修人員33名，燈光及照明監控設備維護人員7名。

3. 監控中心

航空地面燈光監控系統與其他機場保安監視系統一起設置於營運安全回報中心，經由24小時輪值人員監視提供異常即時資訊，守護機場正常運作。

4. 日常維護週期

羽田機場因為有4條跑道訂定不同的跑道關場時段，A 跑道：23:00-隔日06:30、B 跑道：23:30-隔日06:00、C 跑道：00:30 - 06:30、D 跑道：23:30-隔日06:00，安排例行性維護作業，如鏡片清潔（夜間）跑道中心線燈：2次/週，跑道中心線燈以外的跑道中心線燈：每週一次，一般檢查（夜間）螺栓緊固等：一次/月，及詳細檢查（白天）將燈帶回維修車間檢修、清潔、配光測試 鹵素：6月一次，LED：每年一次。

5. 燈光檢測

羽田機場透過例行預防性維護，通常鹵素燈每 6 個月更換一次，LED 燈每年更換一次，並且對拆卸燈進行清潔和維護，與成田機場一樣，皆由東芝照明科技製造建置之暗房燈光檢測設備，透過光束分佈測量裝置進行檢查，確保現場燈光檢測結果符合不同燈具類別的標準。

6. 其他維護或輔助工具機資源

與成田機場一樣，其主要燈光設備供應商係同為日本本國（Toshiba 東芝照明科技）所建置及供應，包含檢修燈具所需之燈具清潔機、燈具氣密檢測儀、漏電檢測儀、光照度檢測儀等等。

7. 傳統鹵素燈具陸續汰換為 LED 燈具

照明設備生命週期定義約 15年，並逐步從鹵素燈依序更換為 LED，其他生命週期定義監控和控制設備約 15年及電力系統相關約 22 年。

三、航空地面燈光監控系統 (ALCS, Airfield Ground Light Control & Monitoring System)

與成田機場一樣監控系統採用 TOSHIBA 東芝照明科技系統建置，屬封閉環境的工業控制系統，現場燈光係由監控系統介面傳輸訊息至 CCR 迴路選擇器開啟燈光，並搭配電力載波去偵測每個燈具的遠端變壓器以取得狀態(無單燈控制)。

羽田機場在跑道及繁忙的滑行道的交口設置停止線燈，僅於低能見度時啟用，每個 STB 都透過監控系統訊號的遠端單元對應位址進行獨立控制。另外由於4條跑道運作之飛航安全管理甚為複雜，相較於成田機場更增加導入 Runway Status Lights (RWSL)自動偵測系統獨立於塔台交通控制系統，向車輛和飛行員提供警報，其目標是避免跑道侵入，從而防止跑道碰撞，包含2項主元素，如跑道入口燈 (REL) 係為警告進入/穿越跑道是否已淨空安全，和起飛等待燈 (THL) 警告從跑道起飛是否已淨空安全。

2.4.2-3 機場永續發展

依據國際能源署(IEA)於2021年的統計資料，國際航空業的二氧化碳排放量佔全球排放量1.8%，且隨著航空業持續發展，預期未來還會持續增加，因此，為了達成2050年碳中和目標，ICAO 於2016年推動 CORSIA 計畫，透過航機科技、提升運作效率、永續航空燃料與碳權制度等方式，降低國際航班的碳排量，以遏制航空產業對氣候變遷的影響。

日本交通運輸業的碳排量佔全國18.1%，國內航班則佔其中5.1%，因此，日本政府制定航空業減碳目標，預期於2030年，國際航班碳排量不再增加，國內航班碳排量需減少至2013年標準之84%，機場溫室氣體排放量需減少至2013年標準之54%，並於2050年達成國際與國內航班碳中和，機場利用新科技提升碳信用。

一、永續航空燃料(SAF)

永續航空燃料(SAF)為泛指所有不使用化石原料生產的航空燃料的統稱，其可降低傳統航油60~80%的碳排量，惟目前生產技術仍有成本過高、原料與成品供應不穩等問題。為加速推廣 SAF 的技術與應用，日本政府召集航空業者、石化業者、貿易商、機場營運單位與政府相關部門共組協議會，確保供需關係與資訊透明化，並推出優惠政策鼓勵業者生產 SAF。

二、機場減碳計畫

日本民航局(JCAB)正在推動機場減碳計畫，目標於2030年降低各個機場的溫室氣體排放量至2013年標準之54%，目前推動項目如圖2.4-10所示，包含：

- 燈光設施更換為 LED 燈具，空勤作業車輛改為電動載具(EV)或燃料電池電動載具(FCV)
- 推廣使用地面電源供應車(GPU)，減少地面滑行距離
- 設置再生能源中心，如太陽能發電站



圖 2.4-10 機場減碳作為

2.4.3 現地參訪

2.4.3-1 空側監控中心

- 空側監控中心採用24小時3班制，每班皆需配置1名領導與2名監視員，並且有巡邏車24小時進行巡邏。
- 機場界圍皆有裝設感測器，若發生入侵事件，監控中心會響起警報，並且立即調閱 CCTV 現況影像與10秒前影像，透過緊急電話告知塔台(紅色電話)或警察單位(黑色電話)，必要時需暫停飛機起降。
- 機場設有無人機偵測雷達，若發現無人機入侵時，通報警察單位或海上保安廳進行取締，只有緊急狀況下才會使用手持式干擾設備將其直接擊落。

2.4.3-2 燈光控制中心

- 羽田機場航空燈光一般由塔台控制，但維護中心也有控制設備與控制權。
- 跑道狀態燈(RSWL)會自動顯示跑道佔用狀態，燈亮時代表有航機正在使用，燈滅時才能通過。

2.4.3-3 塔台

機場辦公室可經由地下通道直接到達塔台與空側(需通過人工崗哨)，透過塔台眺望羽田機場，工程師解說雖然機場無法再擴建，但仍有許多在建與未來工程計畫，以提升機場服務效率。

2.4.3-4 D 跑道

填土區與棧橋區接續結構，工程師解說右圖中明顯較長的刮痕為日本311地震時造成，共位移了16cm，如圖2.4-11。



圖2.4-11

參、心得與建議

3.1 機場規劃及擴建工程

- 設計階段:

沉陷控制: 兩座機場皆認為沉陷控制，需透過設計階段選擇合適的施工材料，搭配施工中依據實際評估，與營運階段預防性維護及持續觀察，於殘餘沉陷期間使用停機坪維持機場營運，透過定期監測使用較好調整及維護的施工材料，等沉陷穩定後再改建為剛性道面停機坪，從設計、施工、營運維護都規劃十分全面經驗分享。

- 施工前置作業：

1. 樹木移植:

桃園機場第三跑道施工範圍內樹木，目前處理方式為先假植後定植，並持續與周圍在建工程、公務機關、學校持續媒合，但媒合成果不理想，目前的權宜之計為暫時假植於機場園區內之畸零地，但畸零地位置鄰近於跑道起降地帶，考量飛航安全，因此期望在第三跑道正式營運前能夠將假植用地範圍內之樹木移植完成，因此在第三跑道營運前將持續媒合。假植時間也不宜過久，因此大約兩、三年後若無收容地點，將定植於假植區，為不影響飛航安全，之後僅能透過管理手段驅趕鳥類棲息。

成田機場的樹木處理方式較為彈性，除了將樹木製作成肥料，重新回歸大地，目前正在考量將樹木製作為成田機場公司之公關品。

2. 禁限建發佈時機:

成田機場與羽田機場皆於開發初期以地方說明會方式公布機場開發與禁限建範圍，除爭取當地民眾同意，亦避免新建物超出機場的障礙物限制面。成田機場公司禁限建發佈由成田機場公司辦理，羽田機場禁限建發佈由日本國土交通省辦理，依據機場所在地點特性的方式去劃設，而非直接引用法規。在開發初期發佈禁限建，可使民眾於後續開發建設時，有明確法規可依循，可避免因為禁限建尚未訂定期間之模糊空間，導致民眾權益受損。

3.2機場空側跑滑道鋪面維護

- 鋪面維護循環:

成田機場透過每日鋪面受損納入電腦統計、分析、追蹤，回饋後續維修計畫，並以風險矩陣的方式管理分級，並制定維護策略，降低機場營運風險。並考量周末若需要緊急搶修，無法取得修補材料，成田機場購置瀝青加熱設備。每次可加熱200公斤，例行備料約800公斤，雖防範於未然，考量瀝青重複加熱容易劣化，是否適用於桃園機場，尚需進一步研議。

- 紅外線鋪面檢測車輛:

成田機場及羽田機場皆使用紅外線鋪面檢測車輛檢測撲面，若瀝青鋪面內部產生空隙，由於熱傳遞效率不同，瀝青表面會有些許溫度差異。利用紅外線車輛，檢測溫度差異位置，可有效確認鋪面劣化位置(GPS)，提前修補，可避免人為檢查的缺漏。

3.3機場空側地面燈光維護

- 重視投資關鍵基礎設施:

跑道與燈光為機場的命脈，因此成田機場燈光維護工作係委由旗下子公司辦理，掌握機場關鍵設施維護工作，且因日本國內法規有訂定機場燈光設備要求，亦有國內供應商可自行生產與維修燈光設備，不需頻繁向國外採購新設備，大幅降低維護成本，也省下關鍵設施毀損時向國外訂料等待時間。

- 航空地面燈光維護循環:

成田機場全區燈光數量約有15000個，常備30%以上的燈具備品。每晚更換約100個燈具，進入產線維修更新，並通過各項檢測，成為整新品，循環使用。透過定期更換燈具可減少突然損壞的臨時狀況，並可延長燈具使用壽命，大幅降低維護成本。

3.4機場永續發展

羽田機場表示，因為機場風大，考量飛航安全，目前僅在陸側範圍對航機影響較小的區域設置太陽能板，若要放置於空側需考量強風的問題，避免因為太陽能板固定不牢固而造成跑道異物入侵而影響飛航安全。長崎有許多太陽能板的測試及案例，若要更深入了解太陽能板在機場的應用，可參考長崎機場。